

컴퓨터에 의한·가스안전 제어시스템 소프트웨어 설계

주 우 석* · 박 현 민* · 이 현 창 · 장 서 일 · †김 태 옥

명지대학교 공과대학 화학공학과

*명지대학교 공과대학 컴퓨터공학과

(2003년 12월 10일 접수, 2004년 2월 4일 채택)

Software Design of Computerized Gas Safety Control System

Wouseok Jou* · Hyunmin Park* · Hern-Chang Lee
Seo-Il Chang and Tae-Ok Kim

Dept. of Chem. Eng., College of Eng., Myongji University

**Dept. of Computer Eng., College of Eng., Myongji University*

(Received 10 December 2003 ; Accepted 4 February 2004)

요 약

최근 들어 가장 경제적인 에너지원 중의 하나인 가스의 사용이 확대되고 있으나 안전관리 미숙으로 수많은 가스사고가 발생하고 있다. 가스사고의 중요한 원인은 현행 가스안전 제어시스템이 수동제어 매카니즘에 크게 의존하는데 있다. 본 논문에서는 현장의 가스농도 감지에서부터 차단밸브 제어까지 일련의 핵심적인 기능을 컴퓨터에 의해 자동화하고, 통합적으로 관리하기 위한 프로토 타입을 설계하고 구현하였다. 이러한 자동화 시스템은 디지털 네트워크로 연결되기 때문에 원격 제어가 가능하다는 특징이 있다. 특히, 본 논문에서 제안한 자동화 안전 시스템은 가스누출에 대한 상황 파악 및 이에 대한 대처가 실시간에 이루어지기 때문에 사고의 위험성과 피해를 대폭적으로 경감할 수 있다.

Abstract - Although the usage of gas as one of the most economical energy source is ever expanding, numerous gas accidents occur as a result of negligence in safety management. The main reason behind such accident is that the current safety control system relies heavily on the manual control mechanism. This paper designed and developed a prototype of a computerized gas safety control system that automates such critical functions as the alarm sensing and the valve control. Since the system is connected through a digital network, the control can be performed remotely. Most importantly, the accidental risk or damage can be greatly reduced since the system monitors and reacts actively to gas leakage in real time.

Key words : gas safety, management, automatic control

1. 서 론

가스사고는 가스누출로 인한 폭발, 화재 등

의 피해를 말한다. 최근 들어 LNG, LPG, 고압가스 등은 산업화에 따른 필수적인 에너지 자원으로 그 용도가 확대되고 있음에도 불구하고, 취급과 안전관리 소홀로 인해 막대한

인명과 재산피해를 초래하고 있다. 가스사고의 원인은 고의적인 것을 제외하고 사용자의 취급부주의가 절반이상을 차지한다. 구체적으로는 밸브 코크 오개방이나 호스 미폐쇄, 차단기 작동불량, 연소기 점화미숙, 가스호스 이탈, 용기관리 미숙, 운전자 과실 등 다양하고 예측하기 어려운 원인이 산재하고 있으며 [1,2], 현재 산업현장에서는 이러한 사고에 대처하기 위한 유일한 수단으로서 가스 경보기를 사용하고 있다.

가스 경보기는 사고발생시 단순히 경보를 발생함으로써 이에 따라 사용자가 적절한 대처를 할 수 있게 한다. 이와 같이 경보기의 기본기능이 제대로 발휘된다면 가스누출에 따른 신속한 대응을 할 수 있으나, 실제로 산업현장에서의 가스 경보기는 여러 가지 이유로 인해 그 사용이 제한되고 있다. 즉, 가스 경보기의 빈번한 오작동으로 인해 산업현장의 경보기 상당수는 꺼 놓은 상태에서 방치되고 있는 실정이다. 오작동은 실제로 경보기의 노화나 선로의 단락, 수신반의 제어불량 등 여러 원인에 의해 발생할 수 있으나, 현행 기술로는 이러한 원인에 대한 분석이나 대처방안이 전무하다는데 문제가 있다.

현행 가스안전과 관련된 대부분의 연구는 센서개발이라는 미시적인 수준에 머물거나[3], 또는 관리체계의 합리화[4-6], 투자효과 분석 [7,8], 안전관리 정보 시스템의 구축[9] 등 거시적인 수준에 머물러 있고, 실제 현장의 하드웨어와 소프트웨어를 통합할 수 있는 미들웨어 수준의 통합 시스템의 제시에 관한 연구는 미진한 실정이다.

본 논문에서 설계한 컴퓨터 자동화 가스안전 시스템은 중앙에 설치된 메인 컴퓨터에 의해 공장이나 상가건물 도처에 설치된 경보기의 작동상태나 감지농도를 실시간대에 파악할 수 있는 물론, 현장 가스상태에 대한 자동점검 기능, 선로 연결상태의 자동점검 기능, 비상시 경보기능, 차단기 자동작동 기능 등 핵심적인 가스안전 관리기능을 제공한다. 이는 가스 안전관리를 위한 일종의 원격감시 및 제어 시스템으로서 산업현장, 상가건물, 아파트 등 다수 경보기가 설치된 곳에서 효율적인 사용을 모색해 볼 수 있다.

II. 시스템 구성 및 기능 설계

2.1. 시스템 구성

기존 기술에서 경보기, 수신반, 차단기가 별도로 작동함으로써 오류발생시 요소별 원인규명이 어려운 점을 감안하여 본 시스템에서는 이러한 모든 요소를 메인 컴퓨터에 연결함으로써 통합적인 관리를 이룰 수 있게 하였다. 즉, Fig. 1과 같이 본 시스템은 크게 메인 컴퓨터, 제어모듈(local control unit), 감시모듈(local monitoring unit) 등 세 가지 요소로 구성된다. 메인 컴퓨터는 가스상태와 관련된 모든 정보를 처리하고, 필요시 차단명령을 내린다. 하나에 최대 8개의 가스센서를 달 수 있는 감시모듈은 센서로부터 입력받은 아날로그 정보를 디지털로 변환하여 가스 농도, 경보발생 유무 등의 정보를 메인 컴퓨터에 전달한다. 제어모듈은 가스밸브 차단기와 접속되어 차단기의 상태를 메인 컴퓨터에 전달하고, 필요시 메인 컴퓨터로부터 차단기 접속 및 차단명령을 수행할 수 있는 전기신호를 발생시킨다. 즉, 본 시스템에서는 사고발생시 가스밸브가 자동으로 차단되도록 설계함으로써 기존 시스템에서 관리자가 경보음을 듣고 현장으로 이동하여 수동으로 밸브를 차단하는 동안 일어날 수 있는 추가의 사고와 손실을 방지하게 된다.

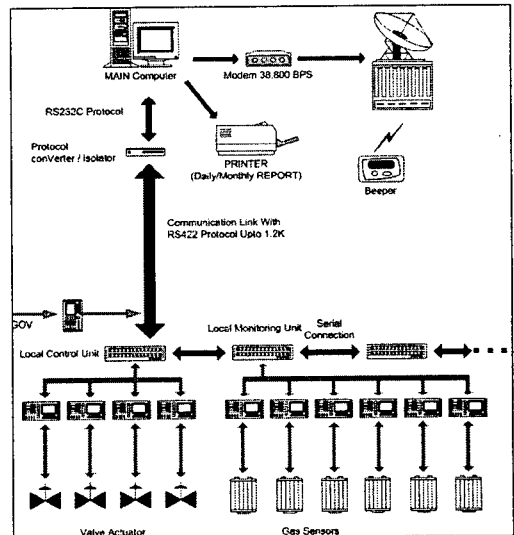


Fig. 1. Computerized gas safety control system.

제어모듈과 감시모듈은 각각 독립적인 기능을 수행하며, 이들 사이는 직렬연결(serial connection)하였다. 그리고 모듈설계시 8 비트 식별자(identifier) 필드를 정의함으로써 최대 256개의 감지기 및 차단기를 수용할 수 있도록 하였다. 산업시설이나 상가건물 등 대부분의 현장공간이 서로 이격되어 있다는 점을 감안하여 이들 통신선로는 9600 bps에서 최대 1.2 km까지 안정성이 보장되는 장거리 통신 프로토콜인 RS422 프로토콜을 사용하되, RS232를 사용하는 메인 컴퓨터 입력단과의 인터페이스를 위해서 중간에 프로토콜 변환기를 사용하였다. 또한 신호의 신뢰성을 높이기 위해 유선통신만을 사용하도록 허용한다.

메인 컴퓨터는 인텔 펜티엄급으로서 고속의 중앙처리가 가능한 시스템을 설정하였으며, 가스안전 관리자가 현장에 부재할 수도 있다는 점을 감안하여 사고발생시 모뎀을 통해 실시간 대에 무선으로 관리자를 호출할 수 있도록 하였다. 메인 컴퓨터로부터 출력되는 정보는 디지털 형태를 취하고 있으므로 유무선 디지털 네트워크로 연결된 모든 사이트와의 사이에 데이터의 송수신이 가능하다. 따라서 네트워크 상의 지연이 무시할만한 것이라고 가정하면 서울에 앉아서 부산의 상가건물 몇 층 몇 호에 현재의 가스농도가 얼마인지까지 실시간대에 모니터링이 가능하고, 또한 역으로 차단기를 제어하는 명령을 내릴 수 있도록 설계되었다.

2.2. 시스템 소프트웨어 설계

안전시스템을 컴퓨터화 함으로써 얻을 수 있는 최대의 이점은 컴퓨터 소프트웨어에 의한 자유자재의 제어기능이다.

Fig. 2는 설계된 시스템 소프트웨어의 메인 화면으로 화면의 블록은 제어유닛별 가스센서에 감지된 현재의 가스농도를 나타낸다. 이 창은 설치된 가스센서의 수가 증가함에 따라 주기적으로 스크롤 될 수 있도록 한다. 시스템 상태정보 창은 시스템 자체의 운용상태를 나타내며, 경보발생정보창은 경보발생 내역을 나타낸다. 상단의 메뉴는 시스템, 주요 감지기, 차단기, 자료조회, 도움말의 순서로 구성되었으며, 상단 메뉴 중 중요기능 별 상세 기능설계 내용은 다음과 같다.

A. 시스템

- A.1 시스템 시작 및 중지
- A.2 시스템 설정

- A.3 센서 설정
- A.4 자동 학습
- A.5 이상 감지기 식별

B. 주요 감지기

- B.1 추가 및 삭제
- B.2 상태보고

C. 차단기

- C.1 차단기 상태
- C.2 정압실 상태

D. 자료조회

- D.1 일간, 주간, 월간 보고서 작성
- D.2 관리일지 작성
- D.3 시스템 장애요인별 누적정보

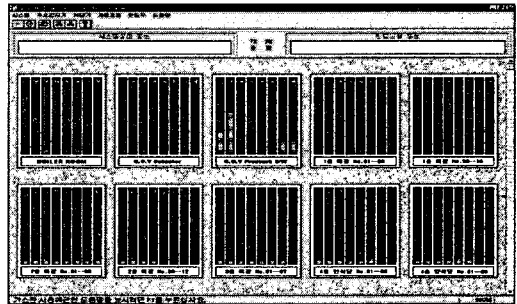


Fig. 2. Main screen of the system software.

2.2.1. 시스템 메뉴

A.1 시스템 메뉴에 의해 시스템이 가동되면 Fig. 2의 메인화면이 뜬다. 소프트웨어 기능 중 가장 중요한 것은 경보발생에 관한 것으로, 가스농도가 지정된 임계치를 벗어날 경우 그 즉시 경보음과 함께 Fig. 3과 같이 해당 작업장의 가스상태를 나타내는 상세정보창을 사용하여 실시간대 가스농도의 변화를 알려준다.

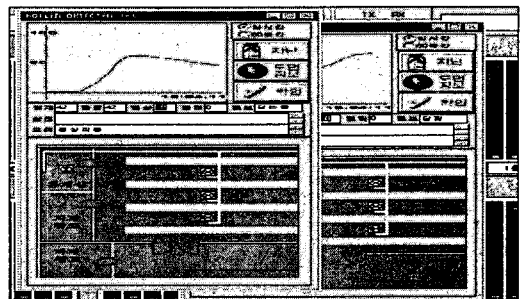


Fig. 3. Pop-up window for alarm situation.

메인화면에서의 막대 그래프는 장소별 가스 농도의 비교에 용이한 반면, 어떤 장소의 가스농도가 임계치를 초과할 경우에는 꺾은 선 그래프를 이용해서 해당장소의 농도변화 추이를 정확히 관찰할 수 있어야 한다. 추이변화는 실시간 단위 또는 매 시간 단위로 관찰할 수 있도록 함으로서 단기간 혹은 장기간 누적된 변화를 보여줄 수 있어야 한다.

시스템 관리자는 우상단의 버튼을 이용하여 가스밸브를 닫도록 함으로써 가스공급을 차단할 수 있다. 이 기능은 사고발생시 가장 신속하게 이루어져야 하므로, 필요시 자동 차단이 가능하도록 설정할 수 있다. 이와 함께 부재 중인 관리자를 호출하기 위해서는 호출기나 휴대폰을 통해 메시지를 전달할 수도 있다. 상세정보창에는 현재의 정확한 가스농도, 평균값, 경보상한, 경보하한, 밸브의 개폐상태 등 경보발생 원인 및 대처내용과 관련된 정보를 제시한다.

하단의 도면은 현재 정보가 발생한 곳의 정확한 위치를 표시한다. 실시간 대에 동시 다발적으로 연속경보가 올릴 경우를 감안하여 상세정보 창은 중첩되어 팝업될 수 있도록 하였다.

실제 사고발생시 가장 중요한 정보는 발생현장의 위치 및 주변상황이다. 상세정보창의 도면정보를 클릭하면 Fig. 4와 같이 해당 센서 주변의 위치도와 함께 주변 경보기의 가스농도 및 경보상황, 가스밸브 개폐상태 등을 보여준다. 물론 이러한 도면정보는 경보발생시 뿐만 아니라 필요한 경우 메뉴선택에 의해 언제든지라도 보여질 수 있다.

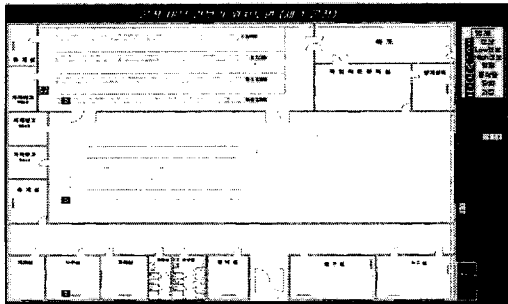


Fig. 4. Window for map display.

A.2 시스템 설정 메뉴는 현재 소프트웨어에 등록된 센서 및 차단기 구성의 확인, 또는

신규 센서 및 차단기의 추가 등록을 위한 것이다. Fig. 5에 보인 A.3 센서설정 메뉴는 설치된 센서의 경보상한, 경보하한 설정을 위한 것이다. 가스농도가 상한 임계치를 초과할 경우에도 경보가 발생되어야 하지만 역으로 하한 임계치 아래로 떨어질 경우에도 경보를 발할 필요가 있다. 센서의 출력 전압 또는 전류가 급감한다는 것은 센서자체의 오동작이나 단선 혹은 감지기능의 급격한 저하를 의미하기 때문이다. 필요에 따라서는 경보하한 이하로 떨어지는 것을 경보로 취급하지 않고, 이상발생 정도로 취급할 수도 있다.

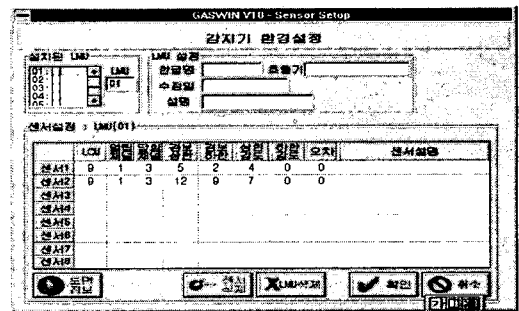


Fig. 5. Window for setting the sensor parameters.

실제로 센서에서 감지된 가스농도는 해당센서 사용처의 온도, 습도, 밀집상태, 환기상태, 센서의 부착높이, 가스 사용량의 차이 등 여러 가지 요인에 의해 좌우된다. 따라서 센서별로 자체 영점조정, 수신감도 조절, 출력신호값 조절 등도 필요하지만 최종적으로 이러한 모든 요인을 통합적으로 경보 임계치 형태로 소프트웨어에 반영함으로써 더욱 유동적인 안전관리를 기할 수 있다.

컴퓨터가 인식하는 센서의 감도는 일정 범위의 가스농도에 반응하는 센서 출력신호의 범위이다. 최초설치시 교정용 가스 주입에 의해 측정된 센서별 감도 정보는 시스템에 저장되어 현재의 감도 정보와 비교될 수 있다.

A.5 이상 감지기 식별 기능은 설치시 감도에 비해 현재의 감도가 일정수치 이하로 떨어져 교체를 요하는 센서를 검색하기 위한 것이다. 따라서 이 기능을 이용하면 교체를 요하는 센서를 자동으로 파악하고, 또한 감도정보를 기준으로 향후 교체되어야 할 센서를 미리 예측할 수도 있다.

Fig. 6에 보인 A.4의 자동학습 기능은 해당 센서의 현재 감도를 측정하기 위한 것으로, 이것은 첫째, 교정용 가스를 주입하면서 일정 시간 동안 출력신호 범위를 측정함으로써 현재의 감도를 정량화하는데 사용될 수 있고 둘째, 지정된 센서에 대해 가스주입 없이 일정 시간 동안의 출력신호 범위를 측정함으로써 해당 사이트의 일상적 가스농도를 기준으로 직접적으로 경보상한과 경보하한을 재조정하는데 이용할 수 있다.

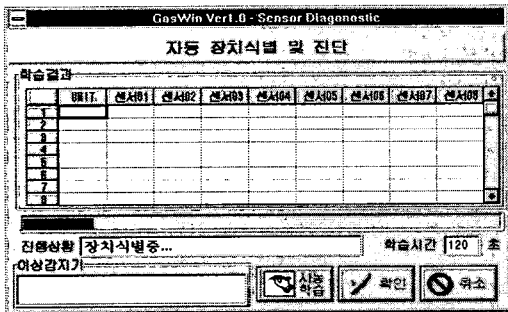


Fig. 6. Self-learning of sensitivity per sensor.

이와 같이 개별 센서의 감도 정보를 관리함으로써, 시간이 경과함에 따라 노후되어가는 센서의 상태가 소프트웨어적으로 보상되고 제어될 수 있게 된다. 다수의 가정이나 산업현장의 센서가 꺼져있는 경우는 이와 반대의 경우이다. 즉, 지나치게 민감한 가스센서로 인한 경보로 인해 센서의 작동을 중지시킨 경우이고 이에 기인한 사고가 현행 가스사고의 많은 부분을 차지한다. 이 역시 메인 컴퓨터에 입력된 가스농도를 센서별 민감도를 기준으로 인지된 감도를 감쇄시킴으로써 센서 작동 자체를 중단시키는 관리상의 위험을 예방할 수 있다.

2.2.2. 주요 감지기 메뉴

현장에 설치된 하나 하나의 개별 센서의 역할이 모두 중요하지만 어떤 경우에는 사고발생의 확률이 매우 높은 현장이 존재한다.

Fig. 7의 주요 감지기 설정 메뉴를 통해 이러한 현장을 집중적으로 관리할 수 있다. 대상 센서는 경보발생시 우선적으로 디스플레이 되어야 하며, 자동학습 주기를 늘리거나 경보의 누적횟수 등 관련 정보를 별도로 관리한

다. 또한 감도 저하에 따른 센서교체 시기를 앞당겨서 시행하도록 프로그램하였다.

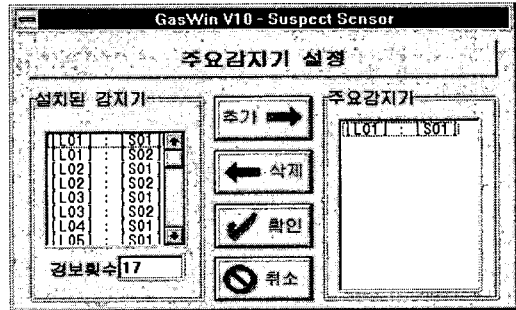


Fig. 7. Window for main sensor definition.

2.2.3. 차단기 메뉴

C.1 차단기 메뉴는 Fig. 8에서와 같이 시스템에 부착된 차단기 상태를 모니터링하고, 제어하기 위한 것이다. 차단기의 상태는 세분하여 열림, 닫힘, 열림 중, 닫힘 중, 이탈, 고장 등 6가지 상태로 표시된다. 이와 같이 차단기 상태를 세분한 이유는 차단기 제어 정확성을 기하기 위한 것이다. 예를 들어 자동차단을 설정한 경우, 가스농도가 상한 임계치를 넘음과 동시에 밸브는 닫힘 중 상태로 가게 된다. 실시간대 농도감지가 이루어지므로, 예를 들어 창문 환기로 인해 그 즉시 농도가 다시 정상으로 돌아오더라도 열림 명령을 하달해서는 안된다. 그 이유는 차단밸브가 모터에 의해 작동되는 기계장비이므로 일단 차단이 완료된 후 다시 열림 명령을 내려야 하기 때문이다.

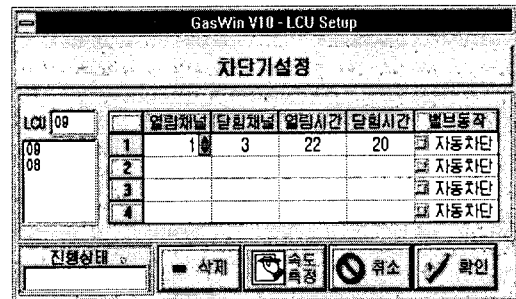


Fig. 8. Interface for the control of gas valve.

대형 건물에는 차단기와 함께 정압실이 존재하기 때문에 정압실 가스압력 스위치 역시

별도의 선로를 통해 제어모듈에 연결할 수 있다. 제어모듈로서는 이 역시 하나의 식별자를 가진 장비로 취급하여 정압실로부터 오는 신호를 메인 컴퓨터로 전송할 수 있게 된다.

Fig. 9는 정압실의 가스압력을 조회하기 위한 화면이며, Fig. 10은 C.2 정압실 상태메뉴에 의해 보여지는 가스압력 추이 상세창이다. 현재의 압력이 저압, 중압, 고압 중 어떤 상태인지를 자동으로 판단함은 물론 경보상한, 경보하한을 소프트웨어적으로 설정할 수 있다. 가스압력 감지 역시 매시간마다 수행할 수도 있고, 비상시에는 실시간으로 감지가 가능하다. 정압실 가스압력에 관한 모든 누적 정보는 디지털화되어 컴퓨터 내부에 저장됨으로서 정압실 가스압력 상태를 관리할 수 있다.

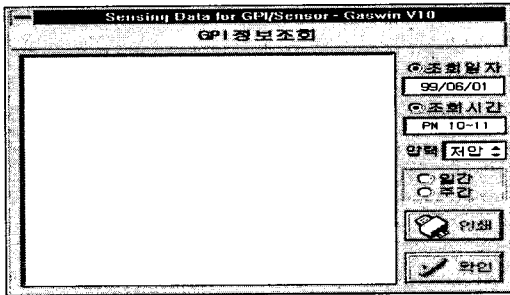


Fig. 9. Interface for inquiry of gas pressure at GOV.

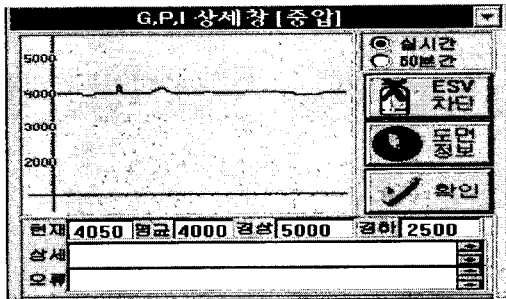


Fig. 10. Interface to show the current gas pressure state.

2.2.4. 자료조회 메뉴

D 메뉴는 기타 보조적인 유틸리티 기능으로 기간별 보고서 작성, 관리일지 작성 및 시스템 장애요인별 누적정보 작성 등의 기능을

수행하고, Fig. 11과 같은 입력 인터페이스를 통해서 출력될 수 있다.

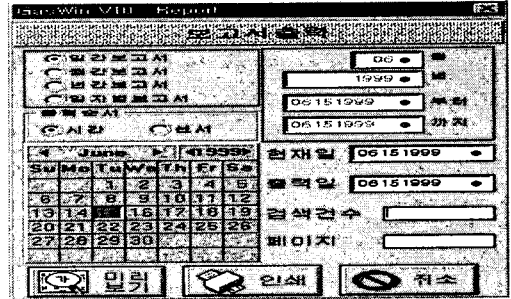


Fig. 11. Interface window for the report generation.

Fig. 12는 출력된 연간 보고서 예로서 센서별 경보지속 시간, 경보발생 비율 등의 정보를 보여준다.

Fig. 12. Window for the annual report.

III. 결 론

본 연구는 가스 안전관리를 자동화하기 위해 필요한 주요 기능의 설계 및 프로토 타입 인터페이스의 구현에 주안점을 두었다. 즉, 가스센서, 차단기, 정압 스위치 등 모든 장비를 연결하고, 이들로부터 출력되는 정보를 컴퓨터 소프트웨어에 의해 모니터와 제어함으로써 효율적인 가스 안전관리를 기할 수 있도록 하였다. 실제 하드웨어 구현을 위해서는 고신뢰도 신호처리, 저잡음 보드설계가 관건이며, 또한 전류 또는 전압의 출력범위가 서로 다른 경보기와의 호환성에 유의해야 한다. 소프트웨어적으로는 경보기나 배전판의 수동기능과 메인컴퓨터의 자동기능이 병존할 때 우선권 부여 문제, 암호화에 의한 보안기능 등이 실

제 구현과 긴밀히 연관되어 있다. 우리나라의 경우 아직 자동화된 가스 안전관리 시스템이 전무한 실정일 뿐만 아니라 이에 대한 법적, 제도적 정비조차 되어있지 않은 상태이다. 따라서 가스 안전사고의 대형화에 비추어 볼 때 본 논문에서 제안한 효율적인 자동화된 컴퓨터 가스 안전관리 시스템 구현의 필요성은 그 어느 때보다 중요하다고 판단된다.

감 사

본 연구는 2003년도 명지대학교 산업기술 연구소의 지원에 의하여 이루어졌으며, 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 한국가스안전공사, "2002 가스사고연감", (2002).
- [2] 조영도, 이경식, 장성동, 김지윤, "가정용 가스안전기기의 실효성에 관한 연구", 한국가스학회지, 5(4), 62-69(2001).
- [3] 주재백, 윤경석, 조원일, "가스센서 기술개발 현황", 화학공업과 기술(한국화학공학회), 14(4), 337-350(1996).
- [4] 박교식, "가스안전관리 종합체계의 도입 및 추진현황", 화학공업과 기술(한국화학공학회), 14(4), 320-324(1996).
- [5] 오영석, 윤인섭, 김구희, "가스안전 실태분석 및 발전방안 연구", 화학공학의 이론과 응용(한국화학공학회), 2(1), 549-553(1996).
- [6] 윤인섭, 박교식, "화학공업의 안전 및 대책: 한국의 가스안전관리 방향", 화학공학의 이론과 응용(한국화학공학회), 1(2), 42-45(1995).
- [7] 장서일, 조지훈, 김태욱: "정량적 위험성 평가에 의한 안전관리 투자의 비용-편익분석", 안전경영과학회지, 4(4), 15-26(2002).
- [8] 장서일, 김태욱: "가스공급기지에서의 공정 위험성 평가에 의한 최적 안전관리 투자 수준 결정", 한국가스학회지, 7(3), 1-6(2003).
- [9] 고재욱, 김윤화, 엄성인, 백종배, 김인원, 김성빈, "데이터베이스를 이용한 가스산업시설의 안전관리정보시스템 구축", 한국가스학회지, 1(2), 48-54(1998).